

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
10. Februar 2005 (10.02.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/011511 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: A61B 19/00,  
G01L 1/24, G01D 5/26

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/008062

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Juli 2004 (19.07.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 35 313.5 1. August 2003 (01.08.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARM-  
STADT [DE/DE]; Karolinenplatz 5, 64289 Darmstadt  
(DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KERN, Thorsten

[DE/DE]; Im Säbchen 5, 64323 Seeheim-Jugenheim (DE).  
MEISS, Thorsten [DE/DE]; Im Wiesenthal 10, 64658  
Fürth (DE).

(74) Anwälte: WEBER-BRULS, Dorothee usw.; Boehmert &  
Boehmert, Hollerallee 32, 28209 Bremen (DE).

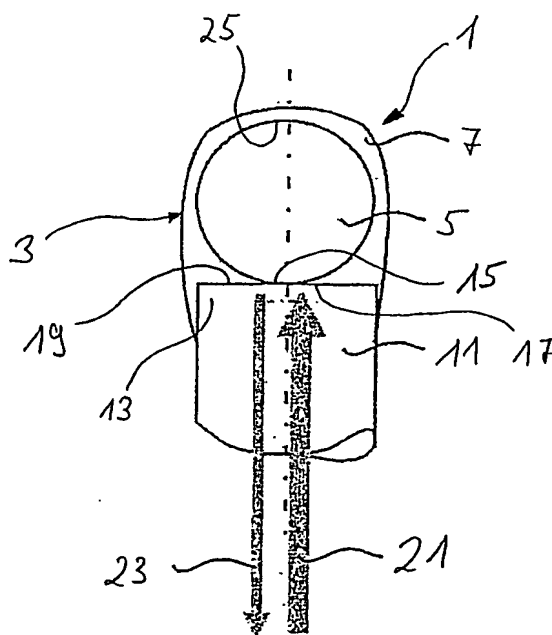
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FORCE SENSOR FOR AN ELONGATE DEVICE

(54) Bezeichnung: KRAFTSENSOR FÜR EINE LANGGESTRECKTE EINRICHTUNG



(57) Abstract: Disclosed is a sensor for detecting a force acting  
on an elongate device, especially an elongate medical device such  
as a catheter, said force comprising a non-neglectable force com-  
ponent in the longitudinal direction of the elongate device. The  
inventive sensor encompasses: a force transducer for the force  
that is to be detected; a connection for mounting the sensor on  
the elongate device; at least one light input area which can be  
optically connected to at least one optical waveguide that injects  
light into the sensor; a light intensity modulator which modulates  
a predetermined intensity of the light that can be injected into the  
sensor according to the force applied to the force transducer; and  
at least one light-decoupling area via which the light having mod-  
ulated intensity can be decoupled in at least one optical guide.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Sensor zum Erfassen  
von einer auf eine langgestreckte Einrichtung, insbesondere  
eine langgestreckte medizintechnische Einrichtung, wie einen  
Katheter, wirkenden Kraft mit einer nicht vernachlässigbaren  
Kraftkomponente in Längsrichtung der langgestreckten  
Einrichtung sind vorgesehen: ein Kraftaufnehmer für die  
zu erfassende Kraft, ein Anschluss zum Anbringen des  
Sensors an die langgestreckte Einrichtung, mindestens ein  
Lichteinkoppelbereich, welcher mit wenigstens einem Licht in  
den Sensor einkoppelnden Lichtwellenleiter optisch verbindbar  
ist, ein Lichtintensitätsmodulator, der eine vorbestimmbare  
Intensität des in den Sensor einkoppelbaren Lichts entsprechend

der an dem Kraftaufnehmer angreifenden Kraft moduliert, und wenigstens ein Lichtauskoppelbereich, über welchen das Licht  
modulierte Intensität in wenigstens einem Lichtleiter auskoppelbar ist.



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

## KRAFTSENSOR FÜR EINE LANGGESTRECKTE EINRICHTUNG

Die Erfindung betrifft einen Kraftsensor, eine Kraftsensoreinheit, eine langgestreckte Einrichtung und ein Verfahren zum Erfassen einer Kraft.

Ein besonderer Anwendungsfall dieser Erfindung betrifft die Kathetertechnik, die von einer langgestreckten Einrichtung zum zumindest teilweise Einführen in einen Organismus durch eine Körperöffnung bestimmt ist. Diese langgestreckten Einrichtungen kommen vor allem in der minimalinvasiven Chirurgie an insbesondere menschlichen Körpern zum Einsatz. Damit bei der Invasion der langgestreckten Einrichtung keine Körpergefäße durch die körpernahe Spitze der von dem behandelnden Arzt manuell zu bedienenden langgestreckten Einrichtung verletzt werden, orientiert sich der Arzt notwendigerweise daran, welche Kräfte ihm an einer Handhabe der langgestreckten Einrichtung mitgeteilt werden. Wegen der Reibung und der eingeschobenen im Verlauf der Invasion des Katheters in den Körper kontinuierlich zunehmende Kathetermasse gibt die dem behandelnden Arzt an der Handhabe mitgeteilte Kraft einen kaum noch nutzbaren Aufschluß über den tatsächlich an der Katheterspitze auftretenden Widerstand. Damit der behandelnde Arzt der Handhabe des Katheters die richtige Betätigungskraft mitteilen kann, ist ein außergewöhnlich reicher Erfahrungsschatz bei der Bedienung von Kathetern erforderlich.

Aus der DE 103 03 270 ist eine Katheteranordnung bekannt, bei der die auf die Katheterspitze beim Einschieben wirkende Kraft durch einen Kraftsensor gemessen wird. Die entsprechende Meßgröße wird dem Arzt über eine haptische Handhabe taktil mitgeteilt. Auf diese Weise wird das Auffinden beispielsweise von Aderabzweigungen oder Perforationen an der Herzscheidewand gerade für einen unerfahrenen Arzt erleichtert. Eine die die Kraft an der Spitze repräsentierende Meßgröße verwendende, elektrodynamische Antriebsvorrichtung zur Erzeugung der haptischen Kraftvorspannung ist aus der DE 103 19 081 bekannt. Beide vorgenannten Dokumente sollen hier mit Bezug eingearbeitet sein, insbesondere im Hinblick auf die Sensorik zur Erfassen der Kräfte an der Spitze der langgestreckten Einrichtung und der Auswertung der Meßsignale.

Gemäß der US 6,221,023 wird ein Kraftsensor an der Spitze von Kathetern vorgesehen, der auf einen resistiven Funktionsbetrieb basiert. Die in den Sensor eingeleitete Kraft wird durch eine Widerstandsbrückenschaltung aufgenommen. Der Sensor muß über mehrere Leitungen insbesondere zur Versorgung mit elektrischer Energie und zur Signalübertragung an eine externe Auswerteinheit verbunden sein, wobei die Verlegung mindestens eines Kabels einen hohen Raumbedarf längs des Katheters erfordert. Der Aufbau dieses Sensors ist aufgrund der großen Teilezahl aufwendig, und die damit verbundenen hohen Fertigungskosten machen den bekannten Sensor insbesondere für Katheter aufgrund deren bevorzugten Einweg-Eigenschaft ungeeignet. Außerdem ist die Miniaturisierbarkeit des elektrisch betriebenen Kraftsensors insbesondere unterhalb eines Katheterdurchmessers von weniger als 3 mm, wenn überhaupt, nur mit einem äußerst hohen konstruktiven Aufwand realisierbar. Ferner ist ein elektrischer Kraftsensor hinsichtlich elektromagnetischer Strahlung eines Magnetresonanztomographen störanfällig, welche Anfälligkeiten insbesondere in der Medizintechnik auszuschalten sind.

Die DE 44 104 63 offenbart einen faseroptischen Sensor mit zwei Lichtwellenleitern, von denen ein Lichtwellenleiter an einer Lichtquelle angeschlossen ist. Die Enden der beiden Lichtwellenleiter liegen einem verspiegelten Ende eines Biegebalkens gegenüber, der in einem Kapselgehäuse quasi-fest eingespannt ist. Die Position des verspiegelten Endes wird durch die Reflexion des Endes des Biegebalkens gemessen. Das Verhältnis der in den beiden Enden der Lichtwellenleiter reflektierten Lichtanteile ergeben eine Auswertung unabhängig von absoluten Intensitätsmessungen. Dieser faseroptische Sensor ist für den Einsatz bei einem Katheter insofern nicht geeignet, als mit dem Sensor ausschließlich Kräfte quer zur Längserstreckung der Lichtwellenleiter erfassbar sind. Ferner ist der offenbarte Sensoraufbau für eine Miniaturisierung von langgestreckten Einrichtungen mit lateralen Abmessungen von weniger als 3 mm nicht geeignet.

Es ist Aufgabe der Erfindung, einen einfach aufgebauten Sensor bereitzustellen, der in langgestreckte Einrichtungen von weniger als 3 mm Durchmesser, insbesondere 0,33 mm (1 French), integrierbar ist und Kräfte erfassen kann, welche zumindest teilweise an der langgestreckten Einrichtung in deren Längsrichtung angreifen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Danach ist der erfindungsgemäße Sensor dazu ausgelegt, eine Kraft zu erfassen, die an einer langgestreckten Ein-

richtung, insbesondere einer langgestreckten medizintechnischen Einrichtung, wie einem Katheter oder Führungsdraht, angreift, welche Kraft eine nicht vernachlässigbare Kraftkomponente in Längsrichtung der langgestreckten Einrichtung aufweisen kann. Der erfindungsgemäße Sensor hat einen Kraftaufnehmer, an dem zumindest der wesentliche Teil der zu erfassenden Kraft entweder über die langgestreckte Einrichtung oder direkt in den Sensor gerichtet einleitbar ist. Der Sensor soll erfindungsgemäß derart beschaffen sein, daß er an der langgestreckten Einrichtung anbringbar und insbesondere bei bereits existierenden langgestreckten Einrichtungen nachrüstbar ist. Erfindungsgemäß weist der Sensor mindestens einen Lichteinkoppelbereich auf, an dem Licht in den Sensor insbesondere in einer vorab festgelegten, bekannten Intensität eintreten kann. Der Lichteinkoppelbereich ist mit wenigstens einem Lichtwellenleiter optisch verbunden, welche Verbindung im Inneren des Sensors oder außerhalb realisierbar ist, wobei der Lichtwellenleiter vorzugsweise außerhalb des Sensors an eine Lichtquelle anschließbar ist. Der erfindungsgemäße Sensor hat einen Lichtintensitätsmodulator, der die vorab bestimmte Intensität des in den Sensor einkoppelbaren Lichts in Abhängigkeit von der Kraft, die über den Kraftaufnehmer in den Sensor eingeleitet ist, moduliert, also abhängig von der Kraft ändert. Der erfindungsgemäße Sensor weist einen Lichtauskoppelbereich auf, der zugleich auch den Lichteinkoppelbereich bilden kann und über welchen das Licht modulierter Intensität in wenigstens einen Lichtleiter auskoppelbar ist. Dabei kann der selbe Lichtleiter verwendet werden, der bereits zum Einkoppeln des Lichts in den Sensor genutzt ist. Die modulierte oder unmodulierte Lichtintensität kann von einer insbesondere sensorexternen Auswerteinheit bewertet werden, die unter Nutzung eines Proportionalverhältnisses zwischen der Intensitätsänderung und der Kraft den zu ermittelnden Kraftbetrag bestimmen kann.

Der erfindungsgemäße Sensor bietet die folgenden Vorteile gegenüber den oben genannten bekannten Kraftsensoren:

- mit dem erfindungsgemäßen Sensor besteht die Möglichkeit, eine Kraftsensorik in langgestreckten Einrichtungen zu integrieren, welche eine laterale Erstreckung oder einen Durchmesser von weniger als 3 mm, insbesondere 0,33 mm (1 French), aufweisen;
- der erfindungsgemäße Sensor ist wegen der geringen Teileanzahl für eine Massenproduktion geeignet;

- der einfache Aufbau des erfindungsgemäßen Sensor erfüllt ohne weiteres die hohen Anforderung der Hygiene in der Medizintechnik;
- mit dem erfindungsgemäßen Sensor können aufgrund der Nutzung der sensiblen Lichtintensitätsmeßgröße sehr genaue Kraftbetrags- und/oder Kraftwirkungsmessungen erreicht werden; und
- der erfindungsgemäße Sensor verzichtet auf elektrische Leitungen, die insbesondere bei einem Einsatz von einem Magnetresonanztomographen wegen der dabei auftretenden elektromagnetischen Wechselfeldern die Meßergebnisse verfälschend beeinflussen können.

Der erfindungsgemäße Sensor kann Kräfte dem Betrag und/oder der Wirkrichtung nach in Echtzeit und insbesondere kontinuierlich erfassen. Insbesondere ist der erfindungsgemäße Sensor dazu ausgelegt, eine Kraft hauptsächlich in Längsrichtung der langgestreckten Einrichtung zu erfassen.

Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist ein Reflektor vorgesehen, der eine dem wenigstens einem Lichtauskoppelbereich zugeordnete Reflexionsfläche aufweist. Die Reflexionsfläche ist derart kraft- oder druckempfindlich ausgebildet, daß es seine Reflexionseigenschaften in Abhängigkeit von der an dem Kraftaufnehmer angreifenden Last ändern kann. Vorzugsweise stellen sich die anfänglichen, unbelasteten Reflexionseigenschaften des Reflektors nach Lösen der Last selbständig wieder her. Bei bestimmten Einwegprodukten kann es allerdings vorteilhaft sein, im Hinblick auf günstige Herstellungskosten auf eine Reversibilität der Reflexionseigenschaften zu verzichten. Vorzugsweise ändert sich die Reflexionsfläche auf eine Kraftwirkung dahingehend, daß sie vergrößert oder verkleinert wird.

Bei einer Weiterentwicklung der Erfindung ist die Reflexionsfläche uneben, insbesondere gewölbt, ausgestaltet. Durch die Unebenheit der Reflexionsfläche wird das eingekoppelte Licht mehr oder minder stark reflektiert. Diese Verschlechterung oder Verbesserung der Reflexionseigenschaften kann durch den Krafteintrag in den Kraftaufnehmer des Sensors dadurch verändert werden, daß sich der Grad der Unebenheit entsprechend ändert. Bei einer gewölbten Reflexionsfläche kann diese vorzugsweise bei einem Krafteintrag abgeflacht oder eingeebnet werden, wodurch eine höhere oder geringere Lichtintensität auf eine vorbestimmte

Stelle geschaffen werden kann, welche vorzugsweise der Lichtauskoppelbereich des Sensors ist. Damit kann eine gegenüber der vorbestimmten, bekannten Anfangsintensität höhere oder niedrigere Intensität erzeugt werden, welche als zunehmende oder abnehmende Kraft an der langgestreckten Einrichtung von der Auswerteinheit interpretiert werden kann.

In einer besonderen Weiterentwicklung der Erfindung ist ein kugelförmiger Kraftaufnehmer vorgesehen, welcher auf seiner dem Lichtein- und/oder Lichtauskoppelbereich zugewandten Seite reflektierend ausgestaltet ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung kann die insbesondere unebene Reflexionsfläche derart formbeständig sein, daß sie die Abmessungen des Lichtauskoppelbereichs irreversibel oder reversibel erweitert und/oder begrenzt. Insbesondere ist das dem Lichtauskoppelbereich definierende Material weicher als die formbeständige Reflexionsfläche ausgeführt, so daß bei einem Krafteintrag auf den Kraftaufnehmer des Sensors die insbesondere unebene Reflexionsfläche mit dem Material in Eingriff kommt und letzteres auf eine die Form der Reflexionsfläche einprägende Weise vergrößert und/oder verkleinert.

Mit dieser weiterbildenden Ausführung wird die Teileanzahl des Sensors weiter reduziert, weil mit den Härteeigenschaften von Hauptbauteilen die Funktionen von Unterbauteilen des Sensors mitübernommen werden.

In einer weiteren Ausführung der Erfindung wird die von der Kraft abhängige Lichtintensitätsänderung dadurch realisiert, daß ein Reflektor mit einer Reflexionsfläche versehen ist, die einen mehr oder minder starken Reflexionsstreuanteil aufweist. Die Anfangsintensität, die von der Auswerteinrichtung ertastbar ist, ist geringer als die Intensität des in den Sensor eingekoppelten Lichts. Durch Positionsverlagerung des Reflektors relativ zum Lichtein- und/oder -auskoppelbereich können Lichtanteile in den Lichtauskoppelbereich gelangen, welche im unbelasteten Zustand durch einen zu starken Reflexionsstreuwinkel für die Intensitätserfassung an der Auswerteinheit verloren gegangen war.

In einer weiteren Ausführung der Erfindung ist der Kraftaufnehmer als mit einem Fluid, insbesondere Gas, wie Luft, gefüllte, insbesondere pneumatisch arbeitende Kammer ausgebildet, welche von einer flexiblen, insbesondere elastischen, Wand begrenzt ist. Den Lichtein- und Lichtauskoppelbereich des Sensors gegenüberliegend ist eine starre Reflektorplatte mit insbe-

sondere einer ebenen Reflexionsfläche vorgesehen, welche abhängig von der auf die Luftkammer wirkenden Kraft dem Lichtein- und Lichtauskoppelbereich angenähert oder entfernt werden kann. Für die elastische Wand der Kammer können ein geeignetes, insbesondere ein Organismus verträgliches Elastomermaterial und Silikon verwendet werden.

Bei einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung wird die Modulierung der Lichtintensität des eingekoppelten Lichts abhängig von der auf den Kraftaufnehmer wirkenden Last anhand von Polarisationsänderungs-Erscheinungen des Lichts im Sensor durchgeführt. Hierzu wird ein fotoelastisches Material verwendet, das in Einkoppelrichtung des Lichts einem Polarisator, insbesondere einem Polarisationsgitter, nachgeschaltet ist. Zudem ist dem fotoelastischen Material ein Reflektor, insbesondere eine Reflexionsplatte, nachgeschaltet, welche das zuerst polarisierte und anschließend polarisationsmodulierte Licht in Richtung auf den Lichtauskoppelbereich des Sensors richtet. Bevor das reflektierte polarisationsmodulierte Licht den Lichtauskoppelbereich durchschreitet, muß es gemäß dieser Weiterbildung der Erfindung den Polarisator gleicher Polarisationsrichtung durchstreiten. Die Änderung der Lichtintensität gegenüber der vorbestimmbaren, bekannten Lichtintensität nach erster Durchschreitung des Polarisators gibt Aufschluß über die Stärke der kraft- oder druckabhängigen Polarisationsmodulierung im fotoelastischen Material.

Vorzugsweise ist dem Reflektor ein zusätzlicher Polarisator bezüglich der Lichteinkoppelrichtung vorgeschaltet, womit die Empfindlichkeit des erfindungsgemäßen Sensors stark erhöht wird.

Bei einer weiteren Ausführung der Erfindung ist ein elastisches Gehäuse für den Sensor vorgesehen, welches die einzelnen Sensorelemente fluiddicht an der langgestreckten Einrichtung abdichtet. Dieses Gehäuse kann als Überzug aus einem verformbaren Material, wie Silikon, gebildet sein. Vorzugsweise sind die Sensorelemente oder der gesamte Sensor von dem verformbaren Material umgossen oder eingekapselt.

Bei einer weiteren Ausführung der Erfindung ist eine Blendenanordnung vorgesehen, welche lastverformbar und/oder beweglich derart gestaltet ist, daß sie die Lichtintensität des eingekoppelten Lichts durch Variation der Blendenöffnung oder des Blendendurchgangs ändert. Der durch die Blendenanordnung zu beeinflussende Lichtgang wird durch eine Reflektoranordnung erzeugt, welche aus vorzugsweise mindestens zwei Reflektoren besteht, welche der-



art angeordnet sind, daß das eingekoppelte Licht zum Lichtauskoppelbereich umgelenkt wird. Im Lichtverlauf der Reflektoranordnung ist eine Blende abhängig von der auf den Kraftaufnehmer wirkenden Kraft beweglich angeordnet und kann gemäß der auf den Aufnehmer wirkenden Kraft mehr oder minder stark den Lichtgang unterbrechen. Die am Lichtauskoppelbereich feststellbare Lichtintensität gibt Aufschluß über die auf die langgestreckte Einrichtung wirkende Kraft. Die Reflektoranordnung ist insbesondere unbeweglich oder ortsfest relativ zum Lichteinkoppelbereich und/oder dem Lichtauskoppelbereich angeordnet. Alternativ kann die Blende ortsfest montiert werden, wobei die Reflektoren mit einem vorab festgelegten Verlagerungsweg versehen sind, der durch die an dem Kraftaufnehmer angreifende Kraft von der Reflektoranordnung beschränkt werden kann.

Vorzugsweise wird das aus dem Sensor austretende Lichtintensitätssignal monochromatisch und/oder über ein Spektrum ausgewertet.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist das den Sensor umgebende Gehäuse zumindest teilweise starr ausgebildet, damit auf diese Weise die Einleitung der Kraft in den Kraftaufnehmer in einer definierten Richtung ermöglicht wird.

Desweiteren betrifft die Erfindung eine Sensoreinheit, welche wenigstens einen Lichtwellenleiter, der an wenigstens einer Lichtquelle anschließbar oder angeschlossen ist, und einen erfindungsgemäßen Sensor aufweist.

In einer Weiterbildung der Erfindung umfaßt die Sensoreinheit wenigstens zwei, insbesondere mehrere, vorzugsweise fünf Lichtwellenleiter, die insbesondere parallel zueinander angeordnet sind. In einer besonderen Ausführung der Erfindung ist ein mittlerer Lichtwellenleiter von mehreren Außenlichtwellenleitern in einer konzentrischen Anordnung gleichen Umfangabstands umgeben. Mit dieser Mehrlichtwellenleiteranordnung kann auch die Wirkrichtung einer eingreifenden Kraft bestimmt werden.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist der erfindungsgemäße Sensor an der Endfläche des wenigstens einen Lichtwellenleiters angeordnet, wobei vorzugsweise der Sensor insbesondere mit seinem Kraftaufnehmer, in unmittelbarem Kontakt mit dem wenigstens einen Lichtwellenleiter stehen kann.

Damit die Kraft einem bestimmten Sensoraufbau gemäß in den Sensor, insbesondere am Kraftaufnehmer, vorbestimmbar einleitbar ist, kann ein Adapter zwischen der langgestreckten Einrichtung und dem Sensor angeordnet sein.

Zudem betrifft die Erfindung eine langgestreckte Einrichtung, insbesondere eine medizinisch-technische langgestreckte Einrichtung, wie einen Katheter, welche Einrichtung wenigstens einen Lichtwellenleiter, der an wenigstens einer Lichtquelle angeschlossen ist, und einen erfindungsgemäßen Sensor aufweist, der mit dem Lichtwellenleiter optisch verbunden ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist bei der langgestreckten Einrichtung der erfindungsgemäße Sensor oder die erfindungsgemäße Sensoreinheit im Bereich des distalen Endes der langgestreckten Einrichtung positioniert, wobei ein geringer Abstand von dem distalen Ende bevorzugt ist. Der Sensor soll nicht direkt den Kräften ausgesetzt werden, vielmehr sollen die Kräfte über ein Adapterstück der langgestreckten Einrichtung auf den Sensor oder die Sensoreinheit übertragen werden.

In einer Weiterbildung der Erfindung erstreckt sich der wenigstens eine Lichtwellenleiter längs der langgestreckten Einrichtung von dem Sensor vorzugsweise zu einer Auswertereinheit. Vorzugsweise ist der Sensor an wenigstens einem Führungsdraht der langgestreckten Einrichtung angebracht.

In einer besonderen Weiterbildung der Erfindung wird die Längserstreckung der langgestreckten Einrichtung im wesentlichen ausschließlich durch den wenigstens einen Lichtwellenleiter gebildet. Führungsdrähte sind damit nicht notwendig, wenn für den Lichtwellenleiter ein Fasermaterial ausgewählt wird, das sowohl die entsprechenden optischen Eigenschaften als auch die notwendige Festigkeit und Flexibilität besitzt.

Schließlich betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Erfassen einer auf eine langgestreckte Einrichtung wirkende Kraft. Danach wird eine Anfangsintensität einer Lichtmeßgröße vorbestimmt, die Lichtmeßgröße in Abhängigkeit von der Kraft moduliert, die modulierte Lichtintensität mit der vorbestimmten Anfangsintensität verglichen und eine nicht vernachlässigbare Kraftkomponente in Längsrichtung der langgestreckten Einrichtung anhand des Verhältnisses von Anfangsintensität zur modulierten Intensität bestimmt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Eigenschaften der Erfindung werden durch die folgende Beschreibung bevorzugter Ausführungen der Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen deutlich, in denen zeigen

- Fig. 1a eine Prinzipskizze des erfindungsgemäßen Sensors in einer ersten Ausführung, der in einem unbelasteten Zustand dargestellt ist;
- Fig. 1b den Sensor gemäß Fig. 1a in einem belasteten Zustand;
- Fig. 2a eine Prinzipskizze einer zweiten Ausführung des erfindungsgemäßen Sensors, der in einem unbelasteten Zustand dargestellt ist;
- Fig. 2b den Sensor gemäß Fig. 2a in einem belasteten Zustand;
- Fig. 3a eine Prinzipskizze einer dritten Ausführung des erfindungsgemäßen Sensors, der in einem unbelasteten Zustand dargestellt ist;
- Fig. 3b den erfindungsgemäßen Sensor gemäß Fig. 3a in einem belasteten Zustand;
- Fig. 4a eine Prinzipskizze einer vierten Ausführung des erfindungsgemäßen Sensors, der in einem unbelasteten Zustand dargestellt ist;
- Fig. 4b eine Prinzipskizze des erfindungsgemäßen Sensors gemäß Fig. 4a;
- Fig. 5a eine Prinzipskizze einer fünften Ausführung des erfindungsgemäßen Sensors, der in einem unbelasteten Zustand dargestellt ist;
- Fig. 5b den erfindungsgemäßen Sensor gemäß Fig. 5a in einem belasteten Zustand;
- Fig. 6a eine Draufsicht auf einen in einer Prinzipskizze dargestellten erfindungsgemäßen Sensor in der fünften Ausführung, der in einem unbelasteten Zustand dargestellt ist;
- Fig. 6b eine Ansicht gemäß Fig. 6a des erfindungsgemäßen Sensors in einem belasteten Zustand;

Fig. 7a eine Prinzipskizzenseitenansicht der fünften Ausführung des Sensors, der in einem unbelasteten Zustand dargestellt ist;

Fig. 7b den Sensor gemäß Fig. 7a in einem belasteten Zustand;

Fig. 8 einen distalen Bereich eines Endes einer medizintechnischen langgestreckten Einrichtung, wie eines Katheters.

Die in den Fig. 1a und 1b dargestellte erste Ausführung des erfindungsgemäßen Sensors 1 umfaßt einen Kraftaufnehmer 3, der in der Ausführung gemäß den Fig. 1a und 1b einen kugelförmigen elastischen Körper 5 und/oder ein Gehäuse 7 aufweist, das beispielsweise aus Silikon gebildet ist. Für eine einfache Herstellbarkeit des erfindungsgemäßen Sensors ist das Gehäuse 7 als Einkapselteil um den Körper 5 umgießend gebildet. Für eine montagefeste Koppelung des Kraftaufnehmers an einen Lichtwellenleiter 11 umgreift das Gehäuse 7 das Ende 13 des Lichtwellenleiters 11 fest.

Der kugelförmige Körper 5 hat eine Reflexionsfläche 15, die einem Lichtein- und Lichtauskoppelbereich zugeordnet ist, welche beiden als Zwischen- oder Übergangsstelle definierbar sind, an der Licht den Lichtwellenleiter verläßt und in den Körper 5, also in den Sensor, gelangt.

In der Ausführung gemäß Fig. 1a und 1b liegt der kugelförmige Körper 5 an der Endfläche 19 des Endes 13 des Lichtleiters 11 an, so daß sich im Kontaktbereich des kugelförmigen Körpers 5 und des Lichtwellenleiters 11 eine Reflexionsfläche 15, auch benachbart dem Kontaktbereich, in den Lichtwellenleiter 11 gerichtet wirksam ist. Das durch den Lichtleiter 11 hindurch einzukoppelnde Licht 21, das eine Anfangsintensität aufweist, gelangt durch den Lichteinkoppelbereich an der Fläche 19 unmittelbar an die Reflexionsfläche 15 des kugelförmigen Körpers 5, wird dort reflektiert und gelangt über den Lichtauskoppelbereich an der Fläche 19 des Lichtwellenleiters 11 wieder in letzteren als Lichtstrahl 23, dessen Lichtintensität von einer vorzugsweise am Ende des Lichtleiters 11 angeordneten monochromatischen Auswerteinheit (nicht dargestellt) oder einem Spektrum ausgewertet wird.

Wie in Fig. 1a schematisch angedeutet ist, wird nur ein Teil des eingekoppelten Lichts an der gewölbten Fläche 15 des kugelförmigen Körpers 5 so reflektiert, daß Licht wieder über den Lichtauskoppelbereich in den Lichtwellenleiter zurückkehrt. Je stärker die Wölbung an dem kugelförmigen Körper 5 ausgebildet ist, desto schwächer ist das in den Lichtwellenleiter reflektierte Licht 23, was durch den gegenüber dem Pfeil 21 schmäleren Pfeil 23 angedeutet sein soll.

Es ist denkbar auch eine diametral der Reflexionsfläche 15 gegenüberliegende Reflexionsfläche 25 bei einer abgewandelten Ausführung vorzusehen. In diesem Fall ist der kugelförmige Körper 5 transparent auszugestalten, so daß das eingekoppelte Licht durch den Lichtkörper 5 hindurch an der Reflexionsfläche 25 reflektiert wird, um teilweise über den Lichtauskoppelbereich in den Lichtwellenleiter 11 zu gelangen.

Wird eine im wesentlichen längs des Wellenleiters 11 gerichtete Kraft F dem Kraftaufnehmer 3 mitgeteilt, wie in Fig. 1b dargestellt ist, so verformen sich sowohl das elastische Gehäuse 7 als auch der elastische, kugelförmige Körper 5 von ihrer im wesentlichen kugelförmigen Ausgangsform in eine Ei- oder Ellipsoidform, wie in Fig. 1b angedeutet ist. Aufgrund dieser Verformung nimmt der Wölbungsgrad an den Reflexionsflächen 15 und/oder 25 ab, so daß die wirksame Reflexionsfläche 15 und/oder 25 zunimmt und das dem Lichtauskoppelbereich des Sensors 1 zugeordnete reflektierte Licht mit höherer Intensität in den Wellenleiter 11 eingeleitet werden kann.

Über eine Kalibrierung des Kraftsensors bezüglich des Verhältnisses Wölbungsgrad/Kraft, Wölbungsgrad/wirksame Reflexionsfläche, wirksame Reflexionsfläche/modulierte Intensität kann eine quantitative Kraftauswertung anhand der modulierten Lichtintensität erfolgen.

In den Fig. 2a und 2b ist eine alternative Ausführung dargestellt, wobei für eine bessere Lesbarkeit der Figurenbeschreibung für identische und ähnliche Bauelemente des erfindungsgemäßen Sensors der alternativen Ausführung gleiche Bezugszeichen verwendet werden, die um 100 erhöht sind.

Der in Fig. 2a und 2b dargestellte erfindungsgemäße Sensor 101 unterscheidet sich von dem Sensor 1 gemäß den Fig. 1a und 1b darin, daß der kugelförmige Körper 105 aus einem festen Material gebildet ist, das härter als das Material des Lichtwellenleiters 111 an dessen Ende

113 ist. Für das Gehäuse 107 wird, wie auch bei der Ausführung gemäß den Fig. 1a und 1b, ein elastisches Material, wie Silikon, eingesetzt, damit eine flexible Einkapselung und Befestigung des Kraftaufnehmers 103 an dem Lichtwellenleiter 111 sichergestellt ist.

Wie in Fig. 2b dargestellt ist, wird das Ende 113 des Wellenleiters 100 aufgrund der sich in Längsrichtung des Lichtwellenleiters 100 wirkenden Kraft F eingedrückt. Aufgrund des kugelförmigen Eindrucksbereichs wird die Kontaktfläche erhöht, ergo die Reflexionsfläche 115 wird vergrößert, was dazu führt, daß Licht mit einer größeren modulierten Intensität über den Lichtauskoppelbereich des Sensors 101 in den Lichtwellenleiter 111 gelangt.

Sollte der Lichtwellenleiter 111 an seinem Ende elastisch reversibel ausgeführt sein, können beliebig viele Krafteindrücke durch den erfindungsgemäßen Sensor 101 erfaßt werden.

Eine weitere bevorzugte Ausführung der Erfindung ist in den Fig. 3a und 3b dargestellt. Für die bessere Lesbarkeit der Figurenbeschreibung werden bezüglich der Ausführung gemäß den Fig. 1a und 1b ähnliche und identische Bauteile mit den gleichen Bezugsziffern versehen, die um 200 erhöht sind.

Der erfindungsgemäße Sensor 201 nach den Fig. 3a und 3b ist dazu ausgelegt, über das Phänomen der Polarisation von Licht die gewünschten, von der Kraft abhängigen Lichtintensitätswechsel hervorzurufen. Der erfindungsgemäße Sensor 201 umfaßt eine Sandwich-Anordnung 231, welche in Verlängerung des Lichtwellenleiters 211 angeordnet ist. Unmittelbar an der freien Endfläche 219 des Lichtwellenleiters 211 ist im Lichtein- und Lichtauskoppelbereich des Sensors 201 ein Polarisator 233 in Form eines Polarisationsgitters erster Polarisationsrichtung angeordnet. Das von einer an den Lichtwellenleiter 211 angeschlossene Lichtquelle (nicht dargestellt) am Polarisator 233 ankommende Licht wird entsprechend der ersten Polarisationsrichtung polarisiert und tritt in einen den Kraftaufnehmer 203 bildenden fotoelastischen Körper 235 ein, dessen Polarisationsrichtung dann verändert wird, wenn der fotoelastische Körper 235 mit Kraft beaufschlagt wird, welche in asymmetrische innere Spannung resultiert was in Fig. 3b angedeutet sein soll.

Auf dem fotoelastischen Körper 235 ist ein planarer Reflektor 237 angeordnet, der Licht um 180 Grad in entgegengesetzte Richtung reflektiert. Das erneut den fotoelastischen Körper 235

durchlaufende Licht verändert nun seine Polarisationsrichtung nicht mehr und wird erneut an dem Polarisator 233 erster Polarisationsrichtung gefiltert.

In dem in Fig. 3a dargestellten, entspannten Zustand des erfindungsgemäßen Sensors 201 ist der fotoelastische Körper 235 derart zum Polarisator 233 und dem Reflektor 237 eingestellt, daß eine Lichtintensitätsschwächung beim Durchtritt durch die Sandwich-Anordnung 231 nicht stattfindet. In dem in Fig. 3b dargestellten belasteten Zustand des Sensors 201 gelangt das durch den Polarisator 233 polarisierte Licht in den fotoelastischen Körper 235, wo das polarisierte Licht entsprechend der auf den Sensor 201 wirkenden Kraft  $F$  dahingehend moduliert wird, daß die Polarisationsrichtung des polarisierten Lichts geändert, insbesondere elliptisch polarisiert wird, so daß der Betrag der Richtungskomponente, nach welcher der Polarisator 233 filtert, abnimmt. Diese Abnahme erklärt die Lichtintensitätsabschwächung des Lichtstrahls 223, welche beim zweiten Durchlauf des Lichts durch den Polarisator 233 bei Belastung erzeugt wird und von der Auswerteinheit (nicht dargestellt) quantitativ festgestellt werden kann.

Vorzugsweise ist ein weiterer Polarisator (nicht dargestellt) gleicher Polarisationsrichtung oder einer zweiten Polarisationsrichtung zwischen dem fotoelastischen Körper 235 und dem Reflektor 237 angeordnet.

Die Sandwich-Anordnung 231 wird von einem elastischen Gehäuse 207 aus Silikon umgossen oder eingekapselt, wobei das Gehäuse 207 die Sandwich-Anordnung 231 fest an dem Ende 213 des Lichtwellenleiters 211 hält.

Die Fig. 4a und 4b zeigen eine weitere alternative Ausführung des erfindungsgemäßen Sensors, wobei bezüglich der Ausführung gemäß den Fig. 1a und 1b für gleiche oder ähnliche Bauelemente gleiche Bezugszeichen verwendet werden, die um 300 erhöht sind.

Der Sensor 301 hat als Kraftaufnehmer 303 eine luftdichte Kammer 341, welche lichtwellenleiterseitig durch die freie Endfläche 319, an den Seitenbereichen durch das Gehäuse 307 beispielsweise aus Silikon und an dem der Endfläche 319 gegenüberliegenden Stimbereich durch einen Plattenreflektor 343 begrenzt. Die Kammer 341 ist mit einem Fluid, insbesondere Luft, gefüllt. Aufgrund der Elastizität der Seitenwände 345 des Gehäuses 307 ist eine Bewegung

des Reflektors 343 auf die Endfläche 319 des Lichtwellenleiters 311 zu oder weg verwirklichtbar.

Der Reflektor 343 bzw. die dem Lichtein- und Lichtauskoppelbereich des Sensors 301 zugeordnete Reflexionsfläche 347 ist derart ausgelegt, daß nur ein Teil des durch den Lichteinkoppelbereich gelangenden Lichts 321 an der Reflektionsfläche 347 in entgegengesetzter Richtung längs des Lichtleiters 311 reflektiert wird und somit über den Lichtauskoppelbereich wieder in den Lichtwellenleiter 311 zurückgelangt. Der Rest des Lichts geht als Streulicht 349 gegen die Wände 345 des Gehäuses 307 der Auswerteinheit (nicht dargestellt) verloren.

Sollte eine Kraft F dem Sensor 301, wie in Fig. 4b dargestellt ist, mitgeteilt werden, wird das Volumen der Kammer 341 verkleinert und damit das darin enthaltene Fluid unter Druck gesetzt. Wie in Fig. 4b angedeutet ist, wird allerdings mit der Verringerung der Kammer 341 der Abstand des Reflektors 343 zur Endfläche 319 des Lichtwellenleiters 311, also zu dem Lichtauskoppelbereich des Sensors 301, mehr oder minder stark verringert, so daß ein größerer Teil des reflektierten Lichts, also auch ein Teil des im entspannten Zustand keine Berücksichtigung findenden Streulichts, in den Lichtwellenleiter 311 gelangt und damit zur Auswerteinheit (nicht dargestellt). Die Intensität des Lichtstrahls 323 ist also im belasteten Zustand wesentlich stärker, welche Intensitätszunahme einem bestimmaren Kraftzuwachs an dem Sensor 301 entspricht.

Der gemäß den Fig. 5a und 5b dargestellte erfindungsgemäße Sensor ist eine weitere alternative Ausführung, bei der in Bezug auf den Sensor gemäß den Fig. 1a und 1b für gleiche oder ähnliche Bauelemente gleiche Bezugsziffern verwendet sind, welche um 400 erhöht sind.

Der erfindungsgemäße Sensor 401 kann als Blendenanordnung bezeichnet werden, welche eine verformbare Bländeneinheit 451 hat, die in Form einer Übergreifstruktur, nämlich eines einen Reflektor 453 übergreifenden Aufbaus, ausgebildet ist. Desweiteren ist eine Reflektoranordnung aus zwei Reflektoren 453 und 455 vorgesehen, die derart angeordnet sind, daß ein über dem Lichteinkoppelbereich des Sensors 401 eintretendes Licht 421 an dem ersten Reflektor 455 um ca. 90 Grad umgelenkt wird. Der umgelenkte Lichtstrahl 422 wird an dem Reflektor 453 wieder um 90 Grad umgelenkt, so daß der Lichtstrahl 423 über den Lichtauskoppelbereich des Sensors 401 in den Lichtwellenleiter 411 zurückgelangt.



In einer Ausführung gemäß den Fig. 5a und 5b sind zwei Lichtwellenleiter 411a und 411b symmetrisch nebeneinander angeordnet, wobei der Lichtwellenleiter 411a für das einzukoppelnde Licht 421 und der Lichtwellenleiter 411b für das auszukoppelnde Licht 423 verantwortlich sind.

Die Blendeneinheit 451 ist derart elastisch verformbar, daß sich bei Beaufschlagung des Sensors 401 mit einer in Längsrichtung der Lichtwellenleiter 411a und 411b gerichteten Kraft F die Blendeneinheit 451 in den Lichtgang zwischen den Reflektoren 453 und 455 senkt und somit einen unterbrechungsfreien Lichtverlauf von dem Reflektor 453 und 455 zum Reflektor 453 verhindert. Diese Abschwächung der Lichtintensität kann von der nicht dargestellten Auswertereinheit einer bestimmten Kraft zugeordnet werden.

Sowohl die Reflektoranordnung als auch die Blendeneinheit 451 ist von einem Silikonmaterial umgossen, was das Gehäuse 407 bildet. Das Gehäuse 407 umgreift das Ende 413 der Lichtwellenleiter 411a und 411b derart, daß die Reflektoren 453, 455 ortsfest bezüglich der Endfläche 419 und der Blendeneinheit 451 positioniert sind.

Die Fig. 6a, 6b, 7a und 7b zeigen eine weitere bevorzugte Ausführung des erfindungsgemäßen Sensors, der neben dem Betrag der eingreifenden Kraft F auch die Wirkrichtung der Kraft F ermitteln kann. Zur besseren Lesbarkeit der Figurenbeschreibung werden für ähnliche und identische Bauelemente bezüglich der Ausführung des Sensors gemäß den Fig. 1a und 1b gleiche Bezugsziffern verwendet, die um 500 erhöht sind.

Der erfindungsgemäße Sensor 501 ist mit mehreren Lichtein- und Lichtauskopplungsbereichen versehen, die jeweils einem oder mehreren der Lichtwellenleiter 511a, 511b, 511c, 511d, 511e zugeordnet sind. Die Lichtwellenleiter 511a bis 511e sind parallel zueinander angeordnet und erstrecken sich in einer Längsrichtung. Die Lichtwellenleiter 511a bis 511d sind konzentrisch zu einem zentralen Lichtwellenleiter 511e in einem konstanten Umfangsabstand angeordnet.

Der Sensor 501 weist einen Reflexionskugelkörper 561 auf, der im wesentlichen mittig in einem elastischen Vollgehäuse 563 eingekapselt angeordnet ist. Das Vollgehäuse 563 umgreift an den Enden der Lichtwellenleiter 511a bis 511e abschnittsweise die Lichtwellenleiter,

um sie positionsgetreu zu halten und den Reflexionskörper 561 in einer kontrollierten sicheren Position relativ zu den Lichtein- und Lichtauskoppelbereichen zu halten.

Der mittlere Lichtwellenleiter 511e dient dazu, Licht über einen Lichteinkoppelbereich in das transparente Vollgehäuse 563 einzukoppeln, wobei das auf den Reflexionskörper treffende Licht von einer Reflexionsfläche reflektiert wird. Wirkt keine Kraft bzw. eine axiale Kraft, so wird das eingekoppelte Licht zum größten Teil wieder in den Lichtwellenleiter 511e zurückgeworfen, was in der Fig. 6a, 7a angedeutet ist, bzw. so wird das eingekoppelte Licht mit einer gegenüber dem unbelasteten Zustand höheren Intensität in den Lichtwellenleiter 511e reflektiert.

Wirkt, wie in Fig. 6b und 7b, eine Kraft F auf das lastaufnehmende Gehäuse 563, so nähert sich der Reflexionskörper aufgrund der Flexibilität des Gehäuses den Endflächen 519 der Lichtwellenleiter 511a bis 511e, wird also axial verschoben, und wird über den Endflächen 519 der Lichtwellenleiter 511a bis 511e verlagert, also radial verschoben. Aufgrund der axialen Änderung des Abstands des Reflexionskörpers 561 hin zu den Endflächen 519 der Lichtwellenleiter 511a bis 511e kann die nicht dargestellte Auswerteinheit durch die erhöhte Intensität die axiale Kraftkomponente ermitteln, die in Längsrichtung der Lichtwellenleiter 511a bis 511e wirkt. Die Quer- oder Radialkomponente der Kraft kann über die Lichtintensität der vier äußeren Lichtwellenleiter 511a bis 511e quantitativ festgestellt werden, hier durch das teilweise Belegen des Lichtwellenleiter 511c mit Licht.

Alle Endflächen 519 der Lichtwellenleiter 511a bis 511e wirken bei dieser Ausführung also als Lichtauskoppelbereiche. Das elastische Vollgehäuse 563 ist der Kraftaufnehmer 503 des erfindungsgemäßen Sensors 501.

In allen der fünf verschiedenen Ausführungen des erfindungsgemäßen Sensors ist ein Kraft-/ Lichtintensitätsmodulator vorgesehen, der bei den Ausführungen gemäß den Fig. 1a, 1b, 2a, 2b, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7b über die Kraft die Lichtintensität direkt moduliert, wobei Intensitätsänderungen über mechanische Kraft-Verformungserscheinungen hervorgerufen werden. Bei der Ausführung gemäß den Fig. 3a und 3b wird die Intensitätsänderung mittels Polarisationsänderungen hervorgerufen, welche wiederum durch die Kraft bewirkt werden.

In Fig. 8 ist schematisch der Endbereich 71 eines erfindungsgemäßen Katheters dargestellt, dessen Ende leicht gekrümmt oder hakenförmig ausgebildet ist, um das Katheterende leichter in Y-Arterienabzweigungen einführen zu können. Der erfindungsgemäße Sensor 1 ist nicht unmittelbar an der Spitze 73 angeordnet, sondern in einem gewissen Abstand von der Spitze 73, damit ein axialer Krafteintrag in dem Sensor erzwungen werden kann. Der der Spitze 73 zugewandte Bereich 75 des Katheters kann Katheterzusatzeinrichtungen aufweisen. Auf der der Spitze 73 abgewandten Seite 77 des Sensors 1 ist der wenigstens eine Lichtwellenleiter (nicht näher dargestellt) vorgesehen, wobei der Katheter in diesem Abschnitt von dem Sensor bis zur Betätigungseinrichtung ausschließlich aus einem Lichtwellenleiter gebildet sein kann, der eine lichtundurchlässige, organismusverträgliche Außenhaut (nicht dargestellt) aufweisen kann.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

T50010PCT  
Technische Universität Darmstadt

### Bezugszeichenliste

1, 101, 201, 301, 401, 501	Sensor
3, 103, 203, 303, 403, 503	Kraftaufnehmer
5, 105	kugelförmige Körper
7, 107, 207, 307, 407, 507	Gehäuse
11, 111, 211, 311, 411a, b, 511a bis e	Lichtwellenleiter
13, 113, 213, 313, 413, 513	Ende
15, 115	Reflexionsfläche
17, 117	Lichtauskoppelbereich
19, 119, 219, 319, 419	Endfläche
21, 121, 221, 321, 421	einzukoppelndes Licht
23, 123, 223, 323, 423	moduliertes Licht
25	Reflexionsfläche
26	Endbereich
73	Spitze
75	Katheter-Bereich
77	abgewandte Seite
231	Sandwich-Anordnung
233	Polarisator
235	fotoelastischer Körper
237	Reflektor
341	Kammer
343	Reflektor
345	Seitenwände
347	Reflexionsfläche
349	Streulicht
422	Lichtgang
451	Blendeneinheit
453, 455	Reflektor
561	Reflexionskörper
563	Vollgehäuse
F	Kraft

Technische Universität Darmstadt  
T50010PCT

### Patentansprüche

1. Sensor zum Erfassen von einer auf eine langgestreckte Einrichtung, insbesondere eine langgestreckte medizintechnische Einrichtung, wie einen Katheter, wirkenden Kraft (F) mit einer nicht vernachlässigbaren Kraftkomponente in Längsrichtung der langgestreckten Einrichtung, umfassend
  - einen Kraftaufnehmer (3, 103, 203, 303, 403, 503) für die zu erfassende Kraft,
  - einen Anschluß zum Anbringen des Sensors (1, 101, 201, 301, 401, 501) an die langgestreckte Einrichtung,
  - mindestens einen Lichteinkoppelbereich, welcher mit wenigsten einem Licht in den Sensor (1, 101, 201, 301, 401, 501) einkoppelnden Lichtwellenleiter (11, 111, 211, 311, 411a, b, 511a bis e) optisch verbindbar ist,
  - einen Lichtintensitätsmodulator, der eine vorbestimmbare Intensität des in den Sensor (1, 101, 201, 301, 401, 501) einkoppelbaren Lichts (21, 121, 221, 321, 421) entsprechend der an dem Kraftaufnehmer (3, 103, 203, 303, 403, 503) angreifenden Kraft (F) moduliert, und
  - wenigstens einen Lichtauskoppelbereich, über welchen das Licht (21, 121, 221, 321, 421) modulierter Intensität in wenigstens einen Lichtleiter (11, 111, 211, 311, 411a, b, 511a bis e) auskoppelbar ist.
2. Sensor nach Anspruch 1, der zum kontinuierlichen Echtzeit-Erfassen von Kräften (F) dem Betrag und/oder der Wirkrichtung nach ausgelegt ist.
3. Sensor nach Anspruch 1 oder 2, der zum Erfassen einer im wesentlichen in Längsrichtung der langgestreckten Einrichtung wirkenden Kraft (F) ausgelegt ist.
4. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem ein Reflektor (237, 343, 453, 455) mit einer dem wenigstens einen Lichtauskoppelbereich (17) zugeordneten Reflexionsfläche (15, 115, 347) versehen ist, die ihre Reflexionseigenschaften abhängig von der zu erfassenden Kraft (F) ändern kann, vorzugsweise sich insbesondere irreversibel oder reversibel und abhängig von der zu erfassenden Kraft (F) verformen, insbesondere vergrößern und/oder verkleinern, kann.

5. Sensor nach Anspruch 4, bei dem eine unebene Reflexionsfläche (15, 115) vorgesehen ist, auf welche die an dem Kraftaufnehmer (3, 103, 203, 303, 403, 503) angreifende Kraft (F) derart wirken kann, daß sich der Grad der Unebenheit abhängig von der Kraft (F) ändert und einen mit dem wenigstens einen Lichtauskoppelbereich (17, 117) optisch verbundenen Bereich der Reflexionsfläche (15, 115) erweitert und/oder eingrenzt.
6. Sensor nach Anspruch 4 oder 5, bei dem der insbesondere kugelförmige Kraftaufnehmer (3, 103,) eine gewölbte Reflexionsfläche (15, 115) aufweist.
7. Sensor nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem die unebene Reflexionsfläche (15, 115) derart formbeständig ausgeführt ist, daß sie bei Kraftbeaufschlagung die Abmessungen des wenigstens einen Lichtauskoppelbereichs irreversibel oder reversibel erweitert und/oder begrenzt, insbesondere den den wenigstens einen Lichtauskoppelbereich definierenden Bereich formeinprägend vergrößert und/oder verkleinert.
8. Sensor nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei dem eine unebene Reflexionsfläche (15, 115) des Kraftaufnehmers (3, 103) bei Kraftbeaufschlagung formprägend in den wenigstens einen Lichtwellenleiter (11, 111) irreversibel oder reversibel eindrückt.
9. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem ein Reflektor (343) mit einer dem wenigstens einen Lichtauskoppelbereich zugeordneten Reflexionsfläche (347) mit einem Reflexionsstreuanteil versehen ist, mit welchem die Lichtintensität in Abhängigkeit von der zu erfassenden Kraft (F) modulierbar ist.
10. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 9, bei dem ein Reflektor (343) derart zu dem wenigstens einen Lichtauskoppelbereich (17) angeordnet ist, daß bei zunehmender Kraftbeaufschlagung des Kraftaufnehmers (303) Reflexionsanteile zunehmenden Streuwinkels in den wenigstens einen Lichtauskoppelbereich (17, 117, 317) zur Erhöhung der Lichtintensität gelangen.
11. Sensor nach Anspruch 9 oder 10, bei dem eine fluiddichte mit einem Fluid, insbesondere Gas, wie Luft, gefüllte Kammer (341) gebildet ist, die von dem den Lichtein- und -auskoppelbereich optisch zugeordneten Reflektor (343) teilweise begrenzt.

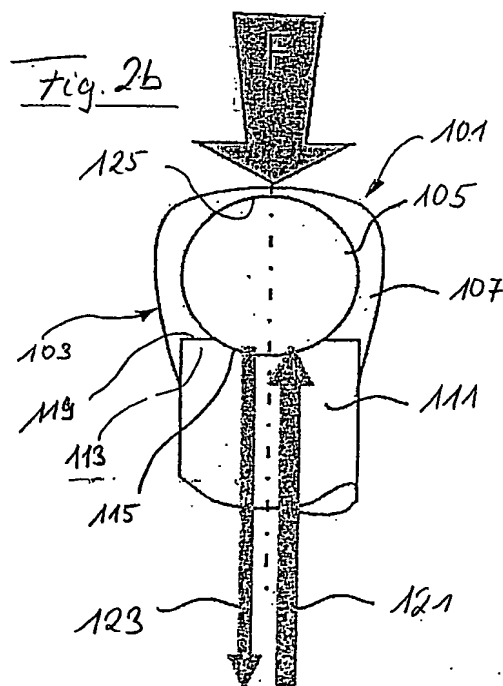
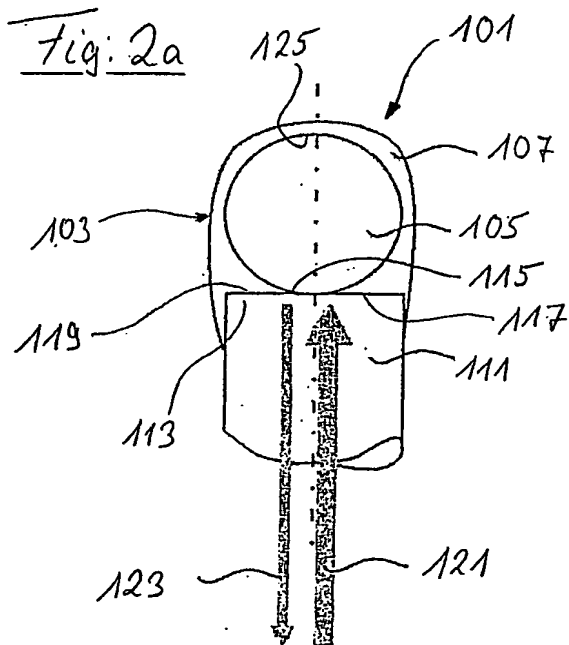
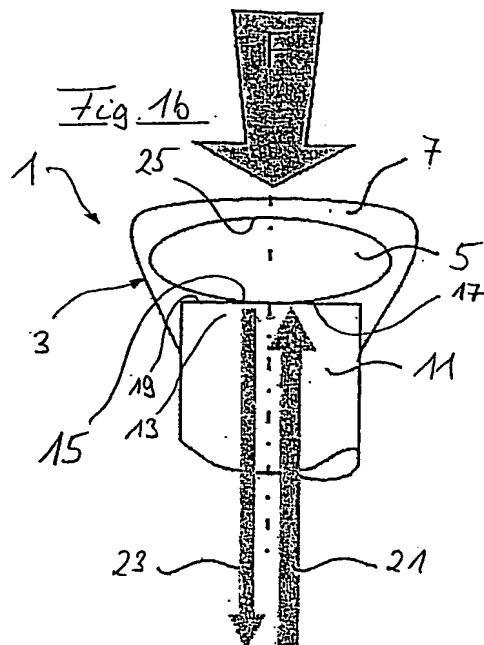
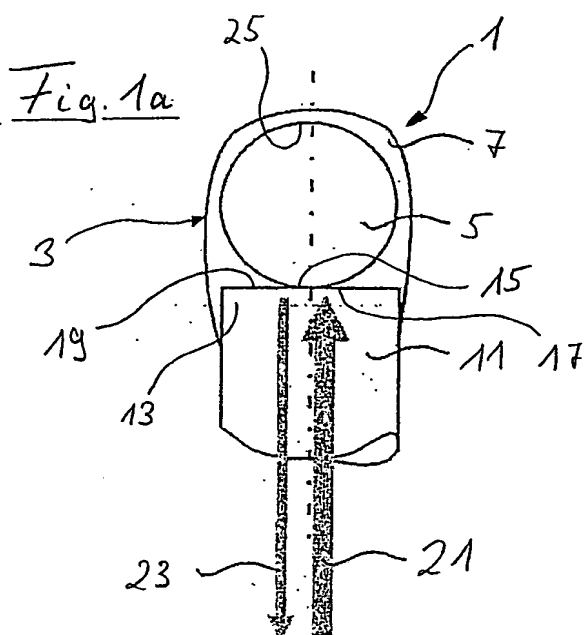
12. Sensor nach Anspruch 11, bei dem die Kammer (341) von einem flexiblen und/oder verformbaren, insbesondere elastischen Wandmaterial, insbesondere Silikon, begrenzt ist.
13. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, oder 9 bis 12, bei dem die Lichtintensität des eingekoppelten Lichts (221) mittels eines transparenten Mediums moduliert ist, das bei Kraftbeaufschlagung die Polarisierung von Licht (221) ändert.
14. Sensor nach Anspruch 13, bei dem ein Polarisator (233) und ein fotoelastischer Körper (235) derart zum Lichtein- und Lichtauskoppelbereich angeordnet ist, daß in den Sensor (201) eingekoppeltes Licht (221) über den Polarisator (233) und polarisiertes Licht über den fotoelastischen Körper (235) zum Lichtauskoppelbereich gelangen.
15. Sensor nach Anspruch 13 oder 14, bei dem eine Sandwich-Anordnung (231) in der Reihenfolge von einem Polarisator (233), einem fotoelastischen Körper (235), vorzugsweise einem weiteren Polarisator, und einem Reflektor (237) vorgesehen ist, wobei insbesondere die Sandwich-Anordnung (231) an ein Ende des wenigstens eines Lichtwellenleiters (211) anschließt und als fotoelastischer Kraftaufnehmer dient.
16. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem eine Reflektoranordnung von mindestens zwei Reflektoren (453, 455) zum Umlenken von durch den Lichteinkoppelbereich hindurch eingekoppeltem Licht (421) hin zum Lichtauskoppelbereich vorgesehen ist, wobei durch eine insbesondere verformbare, insbesondere elastische Blende ein Lichtgang (422) längs der Reflektoranordnung abhängig von der Kraft (F) mehr oder wenig stark unterbrechbar ist.
17. Sensor nach Anspruch 16, bei dem die Reflektoren (453, 455) der Reflektoranordnung ortsfest zu dem Lichteinkoppelbereich und dem Lichtauskoppelbereich angeordnet sind.
18. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 17, bei dem der Reflektor (237, 343, 453, 455), die Sandwich-Anordnung (231), der Kraftaufnehmer (3, 103, 203, 303, 403, 503) und/oder der Sensor (1, 101, 201, 301, 401, 501) selbst von einem Überzug aus einem verformbaren Material, wie Silikon, fluiddicht umgeben ist, insbesondere eingekapselt oder umgossen ist, so daß insbesondere der Reflektor (237, 343, 453, 455), die Sandwich-

Anordnung (231), der Kraftaufnehmer (3, 103, 203, 303, 403, 503) und/oder der Sensor (1, 101, 201, 301, 401, 501) selbst relativ zu der langgestreckten Einrichtung, insbesondere dem wenigstens einen Lichtwellenleiter (11, 111, 211, 311, 411a, b, 511a bis e), beweglich sind.

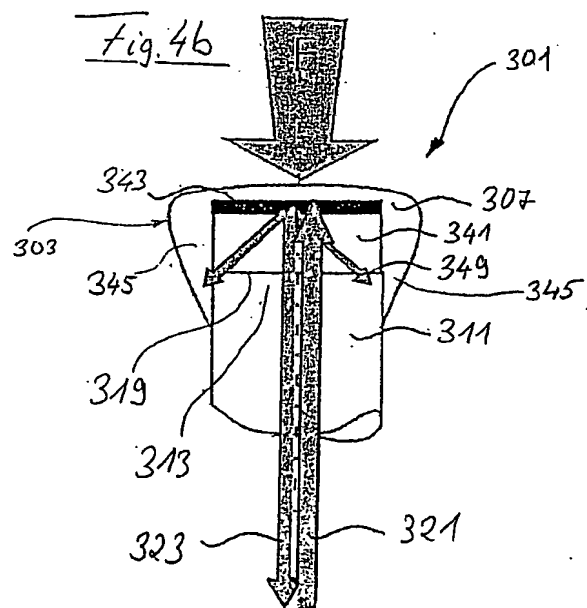
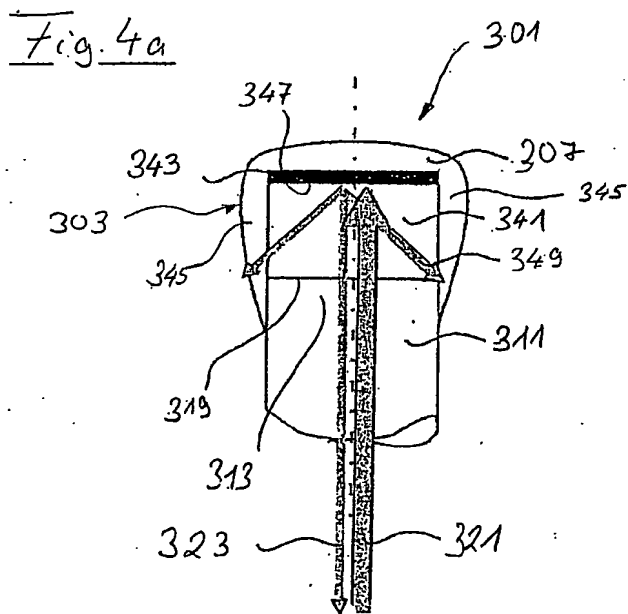
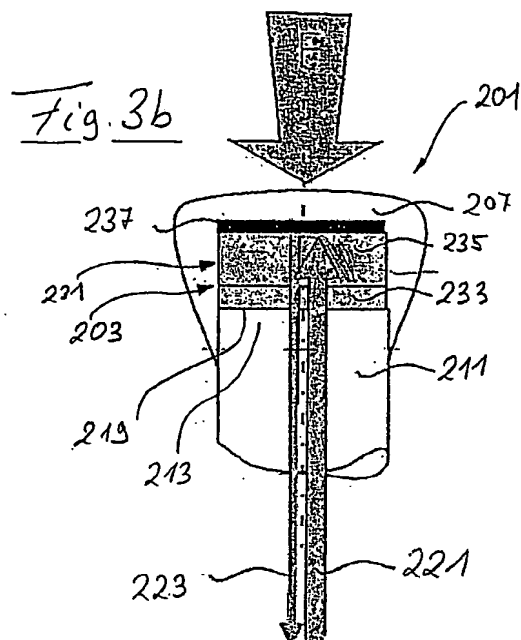
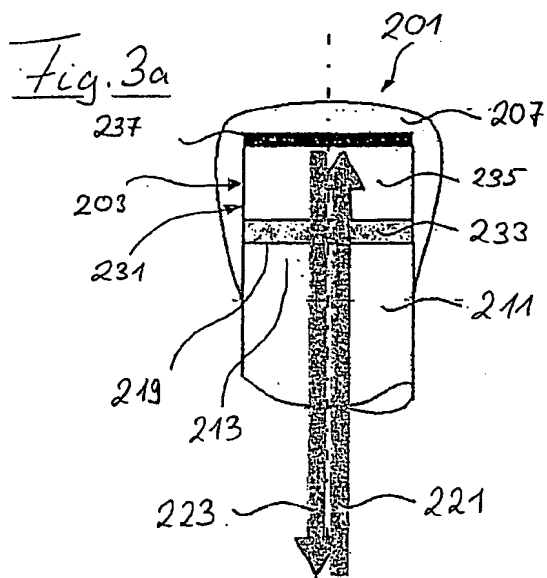
19. Sensoreinheit mit einem nach einem der Ansprüche 1 bis 18 ausgebildeten Sensor (1, 101, 201, 301, 401, 501) und wenigstens einem Lichtwellenleiter (11, 111, 211, 311, 411a, 411b, 511a bis e), der an wenigstens einer Lichtquelle anschließbar oder angeschlossen ist,
20. Sensoreinheit nach Anspruch 19, bei dem wenigstens zwei, insbesondere mehrere, vorzugsweise fünf Lichtwellenleiter (511a bis e), parallel zueinander angeordnet sind.
21. Sensoreinheit nach Anspruch 19 oder 20, bei der ein mittlerer Lichtwellenleiter (511e) von mehreren Außenlichtwellenleitern (511a bis d) umgeben ist, die insbesondere zum mittleren Lichtwellenleiter (511e) in einer konzentrischen Anordnung gleichen Umfangsabstands positioniert sind.
22. Sensoreinheit nach einem der Ansprüche 19 bis 21, bei welcher der Sensor (1, 101, 201, 301, 401, 501) an einer Endfläche (19, 119, 219, 319, 419, 519) des wenigstens einen Lichtwellenleiters (11, 111, 211, 311, 411a und b, 511a bis e) angebracht ist, wobei insbesondere der Kraftaufnehmer (3, 103, 203, 303, 403, 503) im unmittelbaren Kontakt mit dem wenigstens einen Lichtwellenleiter (11, 111, 211, 311, 411, 511) steht.
23. Sensoreinheit nach einem der Ansprüche 19 bis 22, bei dem ein Adapter anbringbar ist, der zum vorbestimmbaren Einleiten der an der langgestreckten Einrichtung angreifenden Kraft (F) ausgelegt ist.
24. Langgestreckte Einrichtung, insbesondere medizinisch technische langgestreckte Einrichtung, wie Katheter, mit wenigstens einem Lichtwellenleiter (11, 111, 211, 311, 411a und b, 511a bis e), der an wenigstens eine Lichtquelle angeschlossen ist, und einem mit dem wenigstens einen Lichtwellenleiter (11, 111, 211, 311, 411a und b, 511a bis e) optisch

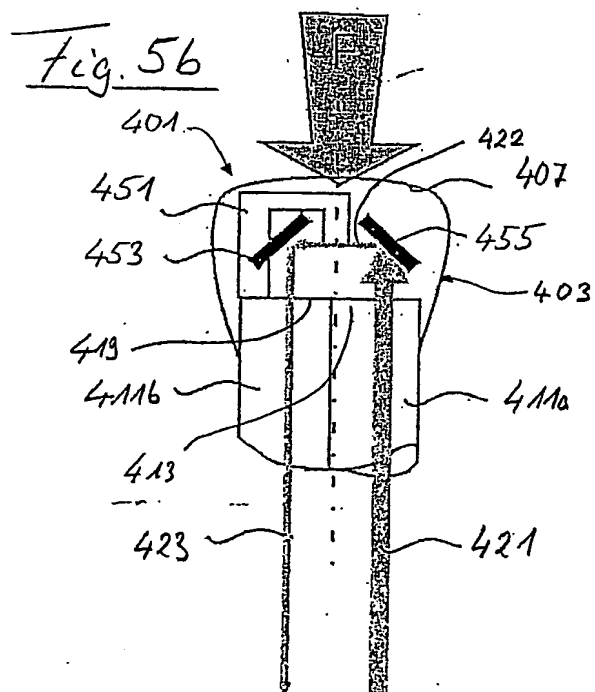
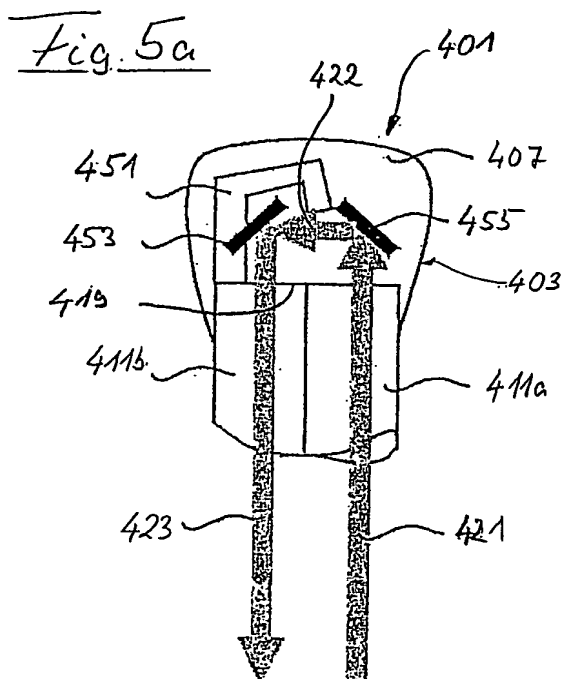
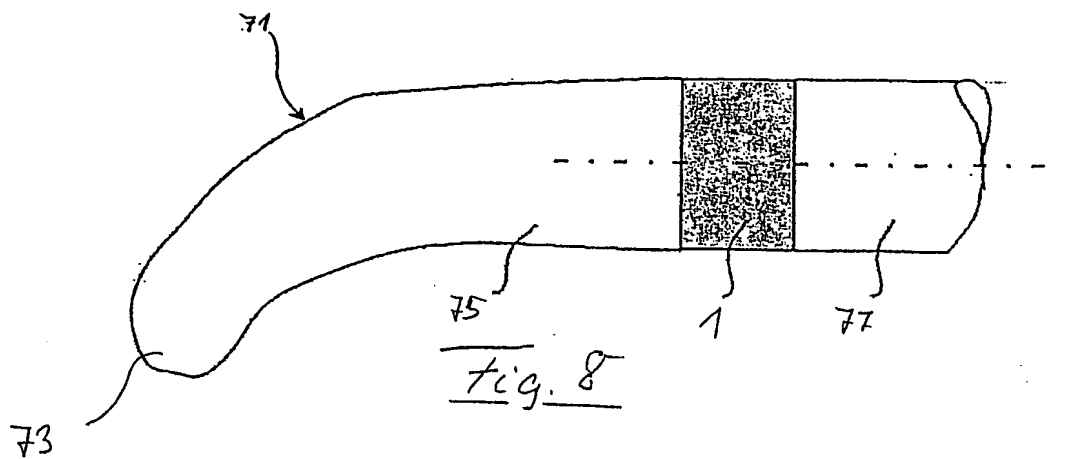


- verbundenen, nach einem der Ansprüche 1 bis 18 ausgebildeten Sensor (1, 101, 201, 301, 401, 501) zum Erfassen von einer auf die langgestreckte Einrichtung wirkenden Kraft (F).
25. Langgestreckte Einrichtung nach Anspruch 24, bei welcher der Sensor (1, 101, 201, 301, 401, 501) im Bereich eines distalen Endes der langgestreckten Einrichtung angeordnet ist, insbesondere in einem Abstand von dem distalen Ende.
26. Langgestreckte Einrichtung nach Anspruch 24 oder 25, bei dem sich der wenigstens eine Lichtwellenleiter (11, 111, 211, 311, 411a und b, 511a bis e) längs der langgestreckten Einrichtung von dem Sensor (1, 101, 201, 301, 401, 501) erstreckt.
27. Langgestreckte Einrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, bei dem der Sensor (1, 101, 201, 301, 401, 501) an wenigstens einem Führungsdraht der langgestreckten Einrichtung angebracht ist.
28. Langgestreckte Einrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 27, deren Längserstreckung im wesentlichen durch den wenigstens einen Lichtwellenleiter (11, 111, 211, 311, 411a und b, 511a bis e) gebildet ist.
29. Verfahren zum Messen einer an einer langgestreckten Einrichtung, insbesondere einer langgestreckten medizintechnischen Einrichtung, wie einem Katheter, eingreifenden Kraft (F), wobei:  
eine Anfangsintensität einer Lichtmeßgröße vorbestimmt wird,  
die Lichtmeßgröße in Abhängigkeit von der Kraft (F) moduliert wird,  
die modulierte Lichtintensität mit der vorbestimmten Anfangsintensität verglichen wird  
und  
eine nicht vernachlässigbare Kraftkomponente in Längsrichtung der langgestreckten Einrichtung anhand des Verhältnisses von Anfangsintensität zur modulierten Intensität bestimmt wird.
30. Verfahren nach Anspruch 29 mit Verfahrensschritten entsprechend der Funktionsweise des in einem der Ansprüche 1 bis 19 angegebenen Sensors (1, 101, 201, 301, 401, 501).

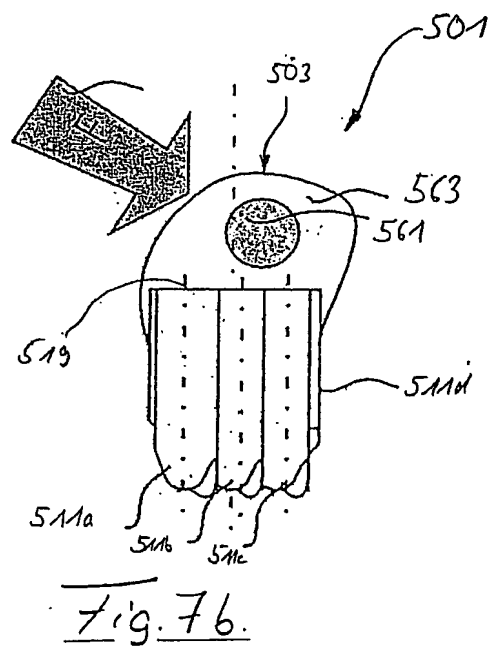
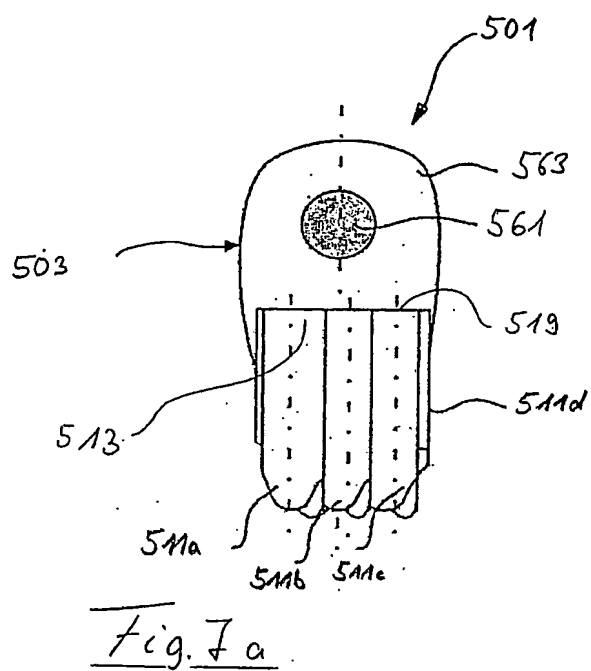
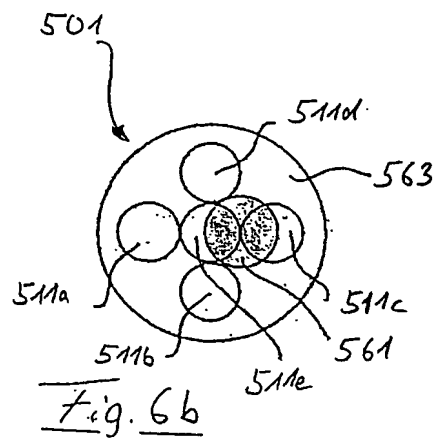
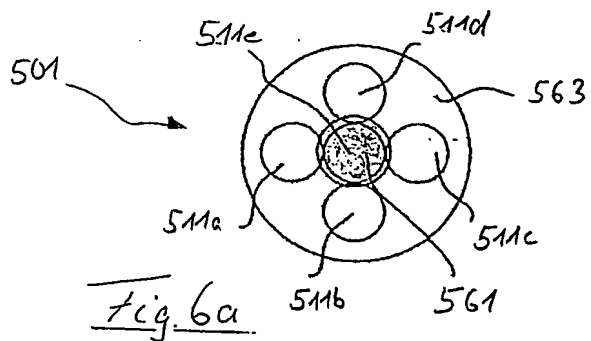


2 / 4





4 / 4



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/008062

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 A61B19/00 G01L1/24 G01D5/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A61B G01L G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 965 880 A (WOLF RAINER ET AL) 12 October 1999 (1999-10-12) abstract column 1, line 10 - line 27 column 4, line 19 - column 5, line 19	1-12, 16-28
X	US 4 599 908 A (SHERIDAN THOMAS B ET AL) 15 July 1986 (1986-07-15) the whole document	1-12, 16-28
A	US 3 580 082 A (STRACK RICHARD R) 25 May 1971 (1971-05-25) the whole document	4-12, 16-28
A	US 6 221 023 B1 (MATSUBA TOMOYOSHI ET AL) 24 April 2001 (2001-04-24) cited in the application the whole document	1
-/-		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 October 2004

Date of mailing of the international search report

03/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Rodríguez Cossío, J .

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/008062

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 32 36 435 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 5 April 1984 (1984-04-05) abstract	1-28
A	US 5 339 799 A (NAKAMURA MASAKAZU ET AL) 23 August 1994 (1994-08-23) abstract	1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/EP2004/008062

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☒ Claims Nos.: **29,30**  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:  
**PCT Rule 39.1(iv) – methods for treatment of the human or animal body by surgery.**
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/008062

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5965880	A	12-10-1999	DE 19527957 C1	22-08-1996
			DE 59607423 D1	06-09-2001
			WO 9705461 A1	13-02-1997
			EP 0842405 A1	20-05-1998
US 4599908	A	15-07-1986	NONE	
US 3580082	A	25-05-1971	NONE	
US 6221023	B1	24-04-2001	JP 9149941 A	10-06-1997
DE 3236435	A	05-04-1984	DE 3236435 A1	05-04-1984
US 5339799	A	23-08-1994	JP 5038327 A	19-02-1993
			JP 3194977 B2	06-08-2001
			JP 4324409 A	13-11-1992
			DE 4213426 A1	29-10-1992
			JP 3197310 B2	13-08-2001
			JP 5076482 A	30-03-1993

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008062

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 A61B19/00 G01L1/24 G01D5/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 A61B G01L G01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
X	US 5 965 880 A (WOLF RAINER ET AL) 12. Oktober 1999 (1999-10-12) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 10 - Zeile 27 Spalte 4, Zeile 19 - Spalte 5, Zeile 19	1-12, 16-28
X	US 4 599 908 A (SHERIDAN THOMAS B ET AL) 15. Juli 1986 (1986-07-15) das ganze Dokument	1-12, 16-28
A	US 3 580 082 A (STRACK RICHARD R) 25. Mai 1971 (1971-05-25) das ganze Dokument	4-12, 16-28
A	US 6 221 023 B1 (MATSUBA TOMOYOSHI ET AL) 24. April 2001 (2001-04-24) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1
-/--		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

22. Oktober 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

03/11/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Rodríguez Cossío, J

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/008062

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 32 36 435 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 5. April 1984 (1984-04-05) Zusammenfassung	1-28
A	US 5 339 799 A (NAKAMURA MASAKAZU ET AL) 23. August 1994 (1994-08-23) Zusammenfassung	1

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/008062

### Feld II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☒ Ansprüche Nr. 29, 30  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich  
Regel 39.1(iv) PCT – Verfahren zur chirurgischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers
2. ☐ Ansprüche Nr.   
weil sie sich auf Teile der Internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle Internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.   
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

### Feld III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese Internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008062

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5965880 A	12-10-1999	DE 19527957 C1	22-08-1996
		DE 59607423 D1	06-09-2001
		WO 9705461 A1	13-02-1997
		EP 0842405 A1	20-05-1998
US 4599908 A	15-07-1986	KEINE	
US 3580082 A	25-05-1971	KEINE	
US 6221023 B1	24-04-2001	JP 9149941 A	10-06-1997
DE 3236435 A	05-04-1984	DE 3236435 A1	05-04-1984
US 5339799 A	23-08-1994	JP 5038327 A	19-02-1993
		JP 3194977 B2	06-08-2001
		JP 4324409 A	13-11-1992
		DE 4213426 A1	29-10-1992
		JP 3197310 B2	13-08-2001
		JP 5076482 A	30-03-1993

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☒ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image  
problems checked, please do not report these problems to  
the IFW Image Problem Mailbox.**